# 包装材料中聚苯乙烯与碳酸钙含量 的热重分析研究

# 王 昉,姚 杰

(南京师范大学分析测试中心,江苏南京 210097)

摘 要:主要运用热重分析技术测定包装材料中聚苯乙烯(PS)与碳酸钙(CaCO<sub>8</sub>)的含量,并采用正交设计方法,研究不同炉体气氛流量、升温速率、试样用量等实验条件及其交互作用对测试结果的影响,提出了一个快速、准确、便捷、用量少的最佳热重分析方法,并计算了实验分析的稳定性指标,旨在为此类 PS/CaCO<sub>8</sub> 包 装材料生产过程中的质量控制提供理论和实验依据。

关键词:包装材料:聚苯乙烯:碳酸钙:热重分析:富立叶红外光谱:正交设计 中图分类号:0<sup>657.99</sup> 文献标识码:A 文章编号:<sup>1008-858</sup>X(<sup>2008</sup>)<sup>01-0027-05</sup>

0 引 言

塑料具有综合性能优异,加工方便,在生产 和使用中可以显著节约能源等优点,因此被广 泛应用于工农业及人们的日常生活之中。其 中,聚苯乙烯(Polystyrene, PS)因具有质硬、透 明、刚性、电绝缘性、低吸湿性、价格低廉、容易 染色等特点,已成为当今四大通用塑料之 \_<sup>[1-5]</sup>。

近年来,用无机粒子填充改性高分子材料 受到广泛关注,例如:碳酸钙(CaCO<sub>3</sub>)是一种重 要的无机化工原料,具有原料丰富、生产工艺简 单、能耗小、性能稳定等优点,用它改性聚乙烯、 聚丙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、丙烯腈一丁二烯一 苯乙烯共聚物、聚酯、聚甲基丙烯酸丁酯等高分 子材料<sup>[3]</sup>。用 CaCO<sub>3</sub>填充改性后的 PS 材料,其 抗冲击性能、硬度、耐热性、阻燃性等比改性前 有很大的提高并且具有成品收缩率低、异向性 小、制品尺寸稳定性好等优良的加工性能,成本 也降低<sup>[6]</sup>。 对包装材料中 PS 与 CaCO<sub>3</sub> 成分含量的检 测一般均采用化学分析方法,费时、费力。热重 分析(TGA)是一种动态的现代测试技术。本文 主要运用热重分析技术测定包装材料中 PS 与 CaCO<sub>3</sub> 的含量,并采用正交设计方法,研究不同 炉体气氛流量、升温速率、试样用量等实验条件 及其交互作用对测试结果的影响,提出了一个 快速、准确、便捷、用量少的最佳热重分析方法, 旨在为 PS/CaCO<sub>3</sub> 包装材料生产过程中的质量 控制提供理论和实验依据。

# 1 实 验

### 1.1 样 品

聚苯乙烯/碳酸钙(PS/CaCO<sub>3</sub>),白色固体, 由璨宇化工有限公司提供;实验仪器,热重分析 仪,型号:Pyris<sup>1</sup>TGA,美国 Perkin-Elmer 公司生 产;傅立叶变换红外光谱仪,型号:Nexus-670 FT-IR,美国 Nicolet 公司生产。

**收稿日期**:2007-07-09

基本项目:江苏省科技厅测试分析方法及标准研究项目(213030B552)

(作)者简介-把短(1966-),在:高级密验师:从事热分析及其相关领域的教学与科研工作All rights reserved. http://www.cnl

# 1.2 **红外光谱分析**

我们将此包装材料进行红外光谱分析(FT-IR)。测试条件为,扫描范围 $4000 \sim 400 \text{ cm}^{-1}$ ,扫 描次数 $32 \text{ cm}^{-1}$ ,分辨率 $4 \text{ cm}^{-1}$ ,见图 1 所示。其 中,红外光谱图从上至下分别为(1)包装材料、



图 1 FT-IR-(1)包装材料;(2)聚苯乙烯;(3)碳酸钙 Fig. 1 FT-IR curves-(1)package material; (2)polystyrene;(3)CaCO<sub>3</sub>

(2)聚苯乙烯、(3)碳酸钙。从图 1曲线(2)中,可 以看到3 100~3 028  $\text{cm}^{-1}$ 为苯环上 C<sup>--</sup>H 的伸缩 振动峰, 2 923  $\text{cm}^{-1}$ 和2 850  $\text{cm}^{-1}$ 为 CH<sub>2</sub><sup>-</sup>的伸缩 振动峰, 1 602  $\text{cm}^{-1}$ 和1 493  $\text{cm}^{-1}$ 为苯环的骨架振 动峰。曲线(3)中1 424  $\text{cm}^{-1}$ 和876  $\text{cm}^{-1}$ 为 CO<sub>3</sub><sup>-</sup> 的振动特征峰。将曲线(1)与(2)、(3)比较可见, 该试样中有聚苯乙烯和碳酸钙两种物质的红外 特征峰,说明该种包装材料试样的主要成分为聚 苯乙烯和无机填料碳酸钙。

# 1.3 **热重分析**

热重分析是在程序控制温度下,测量物质 质量与温度关系的一种技术。PS 是由数千个 乃至数万个碳原子和氢原子构成的链状化合 物,分子量很大,致使其分子间力大于化学键 力,在热解时,其C<sup>--</sup>C 键在液态下就会断裂而 使高分子裂化为 100 个碳以内的烃气体。PS 热解过程有大量的气体析出,物料质量急剧下 降,其发生最大热解温度在 400~500 ℃区间。 CaCO<sup>3</sup> 为非极性结构,刚性 CaCO<sup>3</sup> 被加入到 PS 后在基体形成不溶的断续的粒子相态,其分解 温度在 600~700 ℃区间,并有气体产生<sup>[6-8]</sup>。 两种物质分解温度区间不同,并且分解过程均 遵从<sup>[10]</sup> $A(固体)^{\frac{mm}{2}}B(固体)+C(气体)。所$ 以可以利用热重分析仪测得不同温度下试样的分解量和残留量,从而分别计算出 PS 与 CaCO<sub>3</sub>的含量。但是,正如其它分析方法一样,热重分析法的实验结果也受到一些因素的影响,加之温度的动态特性和天平的平衡特性,一般的影响热重曲线的因素有两类,仪器因素和样品因素,其中影响因素最大的是升温速率、试样用量、气氛流速。图 2 为试样的热重曲线图。





# 1.4 正交实验的目的与指标

目的:利用正交设计法设计 TGA 实验参数<sup>[9]</sup>,并进行实验测定,从而得到一个最佳实验 条件。

要求:试样第一步分解要充分,分解的各阶 段台阶要明显,分辨率好,试样的 PS 与 CaCO<sub>3</sub> 的 TC 实验含量值与真实值接近。

# 1.5 正交实验的因素与水平

本实验设计为<sup>3</sup>因素 4 水平实验。根据试 样坩埚的容量、仪器允许的气氛流量、试样的均 匀性等情况,把实验因素及水平列表,如表 1 所 示。

### 1.6 正交实验表头的设计与安排

<sup>3</sup>种影响因素中升温速率对实验影响要大 于其它两种影响因素,根据经验 $A \times B \times C$ ,  $B \times C$  很小,并为节省实验次数,所以在此不考虑  $A \times B \times C$ 和 $B \times C$ ,故选用 $L_{16}(4^5)$ 表进行正交 设计,如表<sup>2</sup>所示。

| Table 1         The factors and levels graph of the experiment |                |           |                   |  |
|--|----------------|-----------|-------------------|--|
| 水平   | 升温速率 A/(℃/min) | 试样用量 B/mg | 气氛流速 $C/(mL/min)$ |  |
| 一水平  | 5              | 5         | 20                |  |
| 二水平  | 10             | 10        | 40                |  |
| 三水平  | 20             | 15        | 60                |  |
| 而水平  | 30             | 20        | 80                |  |

表1 实验因素水平表

表2 实验正交排列

|              |       |           |          | Tuble        | onnogonai e | indy of the ca | (permient    |   |                           |
|--------------|-------|-----------|----------|--------------|-------------|----------------|--------------|---|---------------------------|
| ;+) F        | J.    | A         | В        | $A \times B$ | С           | $A \times C$   | $\Delta Y_1$ | $Y_2$                                   | $T_{0_{\mathbf{nset}}}$ * |
| 风子           | 5     | 1         | 2        | 3            | 4           | 5              | (-86%)       | (-13%)                                  | (−400°C)                  |
| 1            |       | 1         | 1        | 1            | 1           | 1              | 0.021 6      | 1.005 9                                 | 10.42                     |
| 2            |       | 1         | 2        | 2            | 2           | 2              | 0.139 3      | 0.859 4                                 | 9.45                      |
| 3            |       | 1         | 3        | 3            | 3           | 3              | 0.074 5      | 0.930 3                                 | 12.99                     |
| 4            |       | 1         | 4        | 4            | 4           | 4              | -0.060 9     | 1.055 5                                 | 9.32                      |
| 5            |       | 2         | 1        | 2            | 3           | 4              | 1.850 9      | -0.8513                                 | 13.20                     |
| 6            |       | 2         | 2        | 1            | 4           | 3              | 0.259 8      | 0.712 1                                 | 23.84                     |
| 7            |       | 2         | 3        | 4            | 1           | 2              | 0.257 9      | 0.739 3                                 | 20.27                     |
| 8            |       | 2         | 4        | 3            | 2           | 1              | 0.008 9      | 1.017 0                                 | 24.34                     |
| 9            |       | 3         | 1        | 3            | 4           | 2              | 0.323 1      | 0.709 0                                 | 35.05                     |
| 10           |       | 3         | 2        | 4            | 3           | 1              | 0.279 8      | 0.731 3                                 | 34.02                     |
| 11           |       | 3         | 3        | 1            | 2           | 4              | 0.204 1      | 0.797 3                                 | 36.59                     |
| 12           |       | 3         | 4        | 2            | 1           | 3              | 0.137 8      | 0.866 0                                 | 33.60                     |
| 13           |       | 4         | 1        | 4            | 2           | 3              | 0.726 7      | 0.309 7                                 | 29.31                     |
| 14           |       | 4         | 2        | 3            | 1           | 4              | 0.108 4      | 0.9117                                  | 43.66                     |
| 15           |       | 4         | 3        | 2            | 4           | 1              | 0.243 0      | 0.762 0                                 | 43.59                     |
| 16           |       | 4         | 4        | 1            | 3           | 2              | 0.353 4      | 0.650 5                                 | 39.65                     |
| $\Delta Y_1$ | $m_1$ | 0.174 5   | 2.922 3  | 0.838 9      | 0.525 7     | 0.553 3        |              | $\Delta v = 4.028$                      | 0                         |
|              | $m_2$ | 2.377 5   | 0.787 3  | 2.371 0      | 1.079 0     | 1.0737         |              | $\Delta \gamma_{1\&} = 4.528$           | 0                         |
|              | $m_3$ | 0.944 8   | 0.779 5  | 0.514 9      | 2.558 6     | 1.198 8        |              |   |                           |
|              | $m_4$ | 1.4315    | 0.439 2  | 1.2035       | 0.765 0     | 2.102 5        | $CY_1 =$     | $(\Delta Y_{1 \textcircled{B}})^2/16 =$ | 1.518 0                   |
| 极差           | R     | 2.203 0   | 2.483 1  | $1.856\ 1$   | 2.032 9     | 1.5492         |              |   |                           |
| $T_{0nset}$  | $m_1$ | 42.1800   | 87.980 0 | 110.5000     | 99.690 0    | 112.3700       |              |   |                           |
|              | $m_2$ | 81.650 0  | 110.9700 | 99.840 0     | 107.9500    | 104.4200       |              |   |                           |
|              | $m_3$ | 139.2600  | 113.4400 | 116.040 0    | 99.860 0    | 99.740 0       |              |   |                           |
|              | $m_4$ | 156.2100  | 106.9100 | 92.920 0     | 111.8000    | 102.7700       |              |   |                           |
| 极主           | P     | 114 030 0 | 25 460 0 | 23 120 0     | 12 11       | 12 63          |              |   |                           |

Table 2 Orthogonal array of the experiment

\* Tonset 为失重速率最大点的切线与基线的交点,是试样第一步分解时的起始分解温度

#### 讨 2 论

#### 直观分析 2.1

 $\Delta Y_1$ 来说,分解要充分,分解后的曲线有水平平 稳区间, $\Delta Y_1$ 为实验起始时的重量与发生第一 步分解反应之后水平段600 ℃时的重量之差, 此温度区间的重量损失量  $\Delta Y_1$  就是 PS 的含 量。Y<sub>2</sub>为600 ℃时的重量,即为 CaCO<sub>3</sub>含量。

(1) 对于 TGA 曲线上第一台阶的失重量 观察表2实验正交排列中的16个实验,第5号 实验的  $\Delta Y_1$  最高(87.850 9%),它的实验条件 是  $A_2 B_1 C_3$ 。

(2)单独各因素列和交互作用列极差值 R的大小,代表了该各因素列或交互作用对指标的影响大小。比较  $\Delta Y_1$  项的极差值 R的大小, 各因子和交互作用从主到次关系顺序为 B $\longrightarrow A \longrightarrow C \longrightarrow A \times B \longrightarrow A \times C$ 。比较  $Y_2$  项 极差值 R的大小,得到的各因子和交互作用从 主到次关系顺序与  $\Delta Y_1$  项的是一致。B的极 差值 R 最大,为2.483 1, B和 C的极差值 R都 在数值 2 以上,由此可见,A、B和 C对失重量  $\Delta Y_1$ 的影响是主要的,其次是 $A \times B$ 和 $A \times C$ 。

(3)根据前文实验提出的要求,分别比较 A、B、C列中 $\Delta Y_1$ 项的m值,最高的m值分别 是: A<sub>2</sub> 值(2.377 5), B<sub>1</sub> 值(2.922 3)和 C<sub>3</sub> 值 (2.558 6)。根据表 2 所示,在 A×B 交互作用 的 16 次实验中, A<sub>2</sub> B<sub>1</sub> 条件下的分解失重量最 大。在 A×C 交互作用的 16 次实验中, B<sub>1</sub> C<sub>3</sub> 条件下的分解失重量最大。

综上所述,得到最佳搭配的水平组合是  $A_2 B_1 C_3$ ,即试样用量为<sup>5</sup>mg,升温速率为 10 ℃/min,氮气气氛流速为<sup>60</sup>mL/min。这个实验 得到的搭配组合与原先设想的实验条件相吻合。

### 2.2 **方差分析**

如表 3 所列,我们把后两项  $S_{A \times B}$ 和  $S_{A \times c}$ 合并为误差列  $S_{e}$ ,计算得到  $F_{A}$ 、 $F_{B}$ 和  $F_{C}$ 均为较显著,所以选取  $A_{2}$   $B_{1}$   $C_{3}$  是合适的。

**表**<sup>3</sup> L<sub>16</sub>(4<sup>5</sup>)方差分析表

| Table 3 | The table | of variance | analysis | $L_{16}(4^5)$ | 1 |
|---------|-----------|-------------|----------|---------------|---|
|---------|-----------|-------------|----------|---------------|---|

| 方差来源            | 离均差平方和  | 自由度 | 均方      | <i>F</i> 值 | 显著性 |
|-----------------|---------|-----|---------|------------|-----|
| $S_{ m A}$      | 0.638 2 | 3   | 0.212 7 | 1.363      | 较显著 |
| $S_{ m B}$      | 0.972 0 | 3   | 0.324 0 | 2.076      | 较显著 |
| $S_{ m C}$      | 0.4917  | 3   | 0.163 9 | 1.050 0    | 较显著 |
| $S_{A 	imes B}$ | 0.625 1 | 3   |         |            |     |
| $S_{A 	imes c}$ | 0.311 2 | 3   |         |            |     |
| Se              | 0.936 3 | 6   | 0.156 1 |            |     |

## 2.3 **理论分析**

(1)本试样分解时产生放热反应,见图2所 示。反应产生的气体向外扩散的速率与试样量 有直接关系。在坩埚容积一定时,试样量越大, 反应产物越不容易扩散。同时,试样量越大,整 个试样内的温度梯度就大,完成反应所需的时 间就越长,在同一升温速率下与试样用量少相 比,前者分辨率就越低,实验误差就大。所以分 析实验数据,不难发现, *B* 列的 *m*<sup>1</sup> 值是最大 的,比其它三个 *m* 值(在 0.4~0.8 之间)大很 多。本类实验,试样用量在5 mg左右最为合适。

(2)升温速率对热重法的影响比较大,很多 文献中都指出了分解温度会随着升温速率的增 大而升高。而不同的升温速率对最终的热解率 没有很大的影响,都在95%以上。但热解速率 da/dt 随升温速率的增大而增加。有文献报 道<sup>[1,2,8]</sup>,升温速率为20℃/min时热解速率为 5 ℃/min时的 3.5~4.5 倍,所以,一方面提高加 热速率,会使热解指数增加,有利于提高塑料热 解速率;但另一方面<sup>[8]</sup>,由于热重分析所得到的 失重率是聚合物热解过程中高分子量聚合物断 裂及低分子量物相互之间结合再聚的宏观测 量,反应过程与很多因数有关,从宏观上可以看 出升温速率直接影响炉壁与试样、试样表层与 试样内层间的传热速率和温度梯度,从表2中 的 Tonset 一列可以看出升温速率的差异对起始 分解温度影响之大。A 列中 m1 与 m4 极差值 最大相差114.03,而其他几个因素的差异值只 在 26~12 之间,并且可以看出随着升温速率的 提高起始分解温度值平均都是向高温方向偏 移。所以,在有几个连续分解过程发生时升温 速率快往往不利于中间产物的检出,或使中间

分解过程,第一步为 PS 热解,第二步为 CaCO<sub>3</sub> 分解。可以用5 <sup>°</sup>C/min的升温速率,但那会使 实验时间延长1倍。也可以30 <sup>°</sup>C/min的升温速 率,但由于试样的热传递性的限制和试样内温 度梯度的增大,完成反应所需的时间也会延长, 带来分解量测量上的误差。实验表明, 10 <sup>°</sup>C/min的升温速率是一个比较适中的速率。

(3)气氛对试样量变化的影响与反应类型、 分解产物的性质和所通气体的类型有关。本反 应中的两次分解反应类型均为 $A(B) \longrightarrow B$ (固)+C(气)。氦气具有良好的导热性,较快 的气氛流量能把热及时地供给系统,使得试样 热分解在炉体内较快发生,同时较快的惰性气 氛流量又能及时带走分解所产生的气体产物, 减少试样周围气体的聚集,有利于反应向正方 向进行。但是过大的气氛流量又会造成反应的 不稳定,增加试样的表观重量。C 列的 $m_3$  值 最大(2.558 6),其次是 $m_2$  值(1.079 0),也就是 气氛流速为60 mL/min最好,其次为40 mL/min, 其他两种气氛流速都不太好。

(4)分析试样用量、升温速率与气氛流速的 交互作用,发现以较低的升温速率,较少的试样 用量和较快的气氛流速进行分解量实验测定, 会减少测定误差。

(5)综合上述分析,认为测定 PS 与 CaCO<sub>3</sub> 含量的最佳热重分析实验条件参数为,试样用 量为5 mg,升温速率为10 ℃/min,氮气气氛流 速为<sup>60</sup> mL/min。

(6)用上述最佳实验条件参数进行多次热 重分析测定,其稳定性指标如表 4 所列。TGA 参数:Temperature Precision ±2℃; Balance Sensitivity 0.1/<sub>g</sub>.

| <b>认</b> 一天强时他在1410 |
|---------------------|
|---------------------|

| Table 4   | Stability index of the experiment |                                  |  |
|-----------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| 电十休计量     | 分解量 $\Delta Y_1$ /                | 起始分解温度                           |  |
| 取人统订重<br> | 9⁄0                               | $T_{0_{ m nset}}/{ m ^{\circ}C}$ |  |
| 平均值       | 87.70                             | 413.50                           |  |
| 标准差       | 0.75                              | 1.210                            |  |
|           |                                   |                                  |  |

此试样 PS 的含量为 87.70%, CaCO3 的含

量为 12.3%。我们采用化学方法得到的实验 值为 PS 的含量为 87%, CaCO<sub>3</sub> 的含量为 13%。 用同样的热重实验测试条件,即试样用量为 5 mg, 升温速率为10 ℃/min, 氮气气氛流速为 60 mL/min,再对另一已知含量的试样进行检 测,结果为 PS 的含量为 82.81%, CaCO<sub>3</sub> 的含量 为 17.19%。化学方法得到的测试结果为 PS 的 含量为 83%, CaCO<sub>3</sub> 的含量为 17%。

# 3 结 论

热重分析方法可以快速、准确地测量包装 材料中聚苯乙烯与碳酸钙的含量,其最佳的实 验条件参数为  $A_2 B_1 C_3$ ,即试样用量为<sup>5</sup> mg,升 温速率为 10 °C/min,氮气气氛流速为 60 mL/min。用此条件参数进行试样的热重分 析,得到 PS 的含量为 87.70%,CaCO<sub>3</sub> 的含量为 12.3%。也可以为此类包装材料中高聚物及添 加剂含量的测定提供理论与实验的借鉴。

# 参考文献:

- [1] 董梵, 尹水娥, 别如山, 典型塑料热解规律的研究[J]. 哈 东滨工业大学学报, 2006, 138(111):9.
- [2] Kruse T M. Woo O S. Broadbelt L J. Detailed mechanistic modeling of polymer degradation; application to polystyrene [J]. Chem. Eng. Sci. 2001(56):971-979.
- [3] Knümann R. Bockhorn H. Investigation on the kinetics of pyrolysis of PVC by TG-MS-anal ysis [J]. Combust. Sci. Technol., 1994 (101):285-299.
- [4] 王晶,于伟民,梁西良,等.废旧聚苯乙烯的回收利用[J]. 化学与粘合,2003(2):89.
- [5] 李谷,麦堪成,冯开才,等,苯乙烯一异戊二烯一苯乙烯 嵌段共聚物及其接枝马来酸酐增韧聚苯乙烯/纳米碳酸 钙复合材料[J].合成橡胶工业,2005,28(6):441-445.
- [6] 谭能超,杨坡,梁琦,等,碳酸钙填充改性聚苯乙烯[J].辽 宁化工,2005,34(1):9-13.
- [7] 赵江·高聚物材料的包装功能及检测[J]·检测技术, 2007.3(152):54.
- [8] 吴用,曾文茹·聚苯乙烯在空气中热降解的化学动力学 研究[J].安徽化工,2006,144(6):24.
- [9] 北京大学数学力学系数学专业概率统计组.正交设计[M].北京:人民教育出版社,1976:11-20.
- [10] 李余增·热分析[M]·北京:清华大学出版社,1987.8.12
   -28. (下转第 35 页)

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnl

武汉:武汉测绘科技大学出版社,1998.

- [2] 南方测绘灵锐 S82 产品手册
- [3] GB/T 18341-2001,地质矿产勘查测量规范[S].
- [4] CH2001-1992,全球定位系统(GPS)测量规范[S].
- [5] 王志康 · GPS RTK 技术在图根控制测量中的应用研究 [J].山西煤炭科技,2004,7.
- [6] 刘大杰,施一民,过静.全球定位系统(GPS)的原理与数 据处理[M].上海:同济大学出版社,1996.
- [7] 杨德麟·大比例尺数字测图的原理方法与应用[M]·北 京:清华大学出版社,1997.

- [8] 朱波,聂桂根.伽利略系统对 RTK 作业的改善[J].铁道 勘察,2005(4):12-15.
- [9] 陈基炜,熊福文 ·GPS-RTK 的若干技术问题与思考[J]· 上海地质,2004(3):47-50.
- [10] 于润波 ·GPS RTK 技术在地形测量中的应用[J]·水利 科学与经济,2005(6):371-373.
- [11] 张晓明,高旭光,浅谈 GPS RTK 测量技术的应用[J]. 合肥工业大学学报 2004(10):1341-1343.
- [12] 焦明连 .GPS RTK 技术在临港产业区测量中的应用[J]. 测绘信息与工程,2005(6):46-47.

# Application of RTK Technology in Topographic Map Revision of the Potash Deposit Exploration Area in Ganmeng Province of Laos

JIANG Song<sup>1,2</sup>, MA Hai-zhou<sup>1</sup>, WANG Ming-xiang<sup>1,2</sup>, SUN Zhi-quo<sup>1</sup>

(1. Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China;
 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Taking the topographic map revision project of the potash deposit exploration area (scaled in  $1:50\ 000$ ) in Ganmeng province of Laos as an example, the basic principle and wrking process of the GPS/RTK technology were introduced. And the advantages of this technology with the problems to be noticed in the practice were also summarized in this paper.

Key words: GPS; RTK; Topographic map revision; Control survey; Coordinate system

(上接第31页)

# Study on Content Determination of PS and CaCO<sub>3</sub> in Package Materials by TGA

WANG Fang, YAO Jie

(Analysis & Testing Center, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

Abstract: The contents of Polystyrene (PS) and CaCO<sub>3</sub> in package materials were determined mainly by TGA. The orthogonal design was applied and a systematic study of the conditional experiments was carried out, suth as the influence of different heating rates, sample weights, gas flow rates and their interactions on the determination results. A rapid, accurate, convenient and low dosage optimal TGA method was put forward. And the stability index of the experiment was calculated so as to provide a theoretical and experimental basis for the quality-control in the production of such kind of PS/CaCO<sub>3</sub> package materials.

Key words Package material ; Polystyene (PS) ; CaCO3 ; TGA ; FT-IR ; Orthogonal design